第81回 熊本県立教育センター賞

知らない現象（不知火現象）を科学する３

～不知火現象は単なる夜の浮島現象なのか？～

熊本県立宇土高等学校　科学部地学班　２年　柳田眞太朗　ほか５名

【研究概要】 不知火海沿岸で１年の中で八朔（旧暦の８月１日）にしか見られないとされる「不知火」を見たいと思ったのがきっかけで始めた研究で、今回で３度目の発表となる。不知火現象は、昼間に観測した浮島現象と見え方が似ていたことから、不知火の観測データを増やし、①観測に最適な高さ、②"温度層"の存在、③風との関連性、④八朔の特徴の4つの視点から不知火現象の発生・観測条件について研究した。①観測に最適な高さは、浮島現象は海面付近（低い方）、逃げ水は地面から約１mの高さがよいのに対し、不知火は海面から約高さ10mの範囲内でバラつきがあった。②蜃気楼を引き起こす原因で、地面や海面から影響を受けて温度変化する空気層である"温度層"は、気温計測の結果、地面や海面上に存在し、その厚さは数十cmと意外と薄い。③八朔の時期の不知火が見えるとされる時間帯（１～３時）は、不知火海の内部へ向かって集まるような微風が特徴的に吹いており、不知火発生の条件の一つと考えられる。④八朔の特徴：八朔の時期は気温と海水温との温度差が大きい時期であるため下位蜃気楼が発生しやすい。また、八朔時の夜間は一年で湿度が低く霧や靄の発生がしにくいため視程がよく、不知火観測には適した時期であると考えられる。しかし、我々は八朔の日の晩に観測を試みたが、４年連続で悪天候のために観測ができなかった。気象庁データからは温暖化の傾向が見られ、八朔時の降水量が増えているため、昔と比べ不知火は観測困難な状況である。

1　昨年度の研究概要および今年度の研究動機

・光源が反転して二列に見える現象を観測
・光学的、気象学的、地形学的の3つの視点から不知火の発生・観測条件を考察。
・昼間に逃げ水や浮島も観測。観測物が下に反転し二列に見える点ではよく似ている。
⇒「不知火現象は、単なる夜の浮島現象ではないのか？」という疑問が生じた。

2　今年度の目的

（１）不知火観測のデータの追加し、
より鮮明な写真や動画の記録を取る。
（２）①観測に最適な高さ、②"温度層"の存在、
③風との関連性、④八朔の特徴の４つの視点
から不知火の観測・発生条件を明らかにする。

図１ 観測地点（永尾）と各地点までの距離（等高線は5m、地理院地図より引用・加筆）

3　研究の内容

A　不知火の観測

（１）目的　①不知火を観測し発生・観測条件を考える。
②昔より鮮明な記録を残す。
（２）方法（図１・２）
①場所：永尾神社　　②方向：永尾→八代
③地点：観望所（6.5m）、海岸（0m）
④時間：八朔付近の朝や望
（３）結果（表１）

図２ 観測地点の様子と高さ（宇城市不知火町永尾の永尾神社観望所と永尾海岸）

表１　不知火現象の観測結果

回数	年月日	時期	不知火	観望所 or 海岸	回数	年月日	時期	不知火	観望所 or 海岸
1	2019/7/31	七朔	○	観望所	8	2020/10/3	八望	○	海岸
2	2019/8/1	七朔	○	観望所	9	2020/10/17	九朔	○	観望所→海岸
3	2019/8/29	八朔	×		10	2020/10/30	九望	○	海岸
4	2019/9/14	八望	○	海岸	11	2020/11/14	十朔	○	観望所
5	2020/7/22	六朔	×		12	2021/7/27	六望	○	海岸
6	2020/8/4	六望	×		13	2021/9/9	八朔	○	海岸
7	2020/9/20	八朔	○	両方	14	2021/10/8	九朔	○(図3)	海岸

八朔は、今年も悪天候のため観測できなかったが、他の日に不知火を観測できた。
観測点の高さにより見え方が異なったので、観測点の高さに着目することにした。

図３　最もよく晴れた不知火現象の写真（2021年10月9日0時31分、海岸にて）

B　観測に最適な高さ

目的：浮島現象や逃げ水と比較し、不知火の観測に最適な高さを明らかにする。

（１）浮島現象
①目的
・昨年の研究では、冬の早朝に観察し、見る高さは低い方がよく浮いて見えた。
・今年は夏に観測を試みてデータを追加し、最適な高さを調べることにした。
②方法
・場所、方向、地点は不知火観測と同様　　時間：日較差が大きい日の早朝や日中
③結果　Ⅰ：早朝（気温：24.9℃　海水温（永尾海岸）：30.1℃　図４）

図４　早朝の浮島現象（場所：永尾海岸、日時：2021年8月5日6時52分）動画

Ⅱ：日中（気温：32.4℃　海水温（松合漁港）：34.4℃　図５）

図５　日中の浮島現象（場所：永尾海岸、2021年8月4日16時17分）

④考察
浮島現象は夏の日中にも見られ、気温と海水温との差があれば夏でも冬でも見ることができる。いずれの時期の浮島現象も、観測に最適な高さは低い方がよかった。
（２）逃げ水（昨年の研究より引用）
・観測の高さが100cmのときに最もよく反転していた。
・逃げ水観測の高さは、低い方が良いが、地面から少し高い方が最適である。
（３）不知火
①目的
不知火現象は観望所が見えやすいとされているが、海岸が見えやすい日もあった。
観測に適した高さを確定し、現在の不知火現象の正体を突き止める。
②方法
観望所と海岸の同時刻の写真を比較し、どちらがより反転していたかをまとめる。
③結果（表１）
不知火は海面から10mでバラつきがある。同じ日の中でも時間帯で容易に変わる。
（４）夜間の不知火と早朝の浮島の連続性
①目的・方法
夜間に見られた不知火が夜明けにそのまま浮島として見えているのか確認する。
②結果（大島左側の様子、図６：不知火、図７：干潮時、図８：早朝の浮島）
不知火現象が観測できた後、浮島現象が観測できた。

図６　不知火現象の様子（2021年10月9日0時31分）

図７　干潮時刻頃の様子（2021年10月9日4時11分）

図８　浮島現象の様子（2021年10月9日6時46分）

５　考察　～不知火現象は単なる夜の浮島現象か？～
（１）夜間の不知火と早朝の浮島との連続性がない。
（２）浮島現象は低い方がいいが、不知火現象は海面から10mでバラつきがある。
（３）昔見られた激しい不知火現象のような見え方を日中の浮島現象で見ていない。
⇒　よって「不知火現象は単なる夜の浮島現象ではない」と言える。

C　空気層の存在

（１）目的
蜃気楼の発生条件である温度の異なる空気層である"温度層"の存在の有無や層厚を調べる。
（２）結果・方法
①ドローンでの計測（図９）
鉛直・水平方向の気温分布を調べるため、
温度計を搭載したドローンで計測を試みた。
⇒ 低空飛行は困難。プロペラの影響で気温が下がるため✖

図９　ドローン（データロガーを搭載）

②アスファルト上（図10）
逃げ水が見られたアスファルト上の気温分布を計測。
・地面から離れるほど徐々に気温が低下。
・"温度層"の厚厚は、数十cm。　　・風の影響を受けやすい。

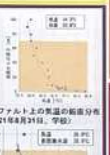


図10　アスファルト上の気温の鉛直分布（2021年8月31日、学校）

③海面上（図11）
不知火や浮島現象で光が通過する海面上の温度層。
・海面から高さが上がるにつれて気温は低下。
一海面上にも海水から影響を受けて温度が
変化する"温度層"が存在
・"温度層"の厚厚は数十cmと、意外に薄い。

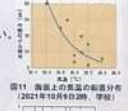


図11　海面上の気温の鉛直分布（2021年10月9日28時、学校）

（３）考察・検証（川合秀明ほか（2020）を引用、図12）
下位蜃気楼に関する光路計算（シミュレーション）の論文と比較し、本研究の成果の妥当性を検証する。
→ "温度層"の厚さは数十cmで、とても薄い。
⇒ 計測結果と合致するため、本成果は妥当性ありと判断可。

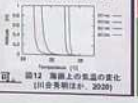


図12　海面上の気温の変化（川合秀明ほか、2020）

D　風との関連性　～不知火が短時間で局所的な変化をする原因～

（１）目的
不知火観測時の風の特徴を見つけ、不知火の発生と風との関連性を明らかにする。
（２）条件
①2020年～2019年の２日以上連続して晴れた日からデータを抽出（表２）
②地点：三角・八代・松島　　③時間帯：午前1時～3時　　④引用元：気象庁HP
（３）結果

表２　２日以上晴れた日の風のデータ

2020年	三角 風速	三角 風向	松島 風速	松島 風向	八代 風速	八代 風向
春	2.7m/s	北東	1.1m/s	南西	0.4m/s	南東or北東
夏	0.7m/s	北東	0.7m/s	南西	0.4m/s	南東or南西
八朔	1.1m/s	北東or南西	0.9m/s	南西	0.2m/s	南東or静穏
秋	1.5m/s	北東	1.3m/s	南西	0.5m/s	南西or南東
冬	2.1m/s	北東	1.6m/s	南西or北東	0.6m/s	北東
不知火時	1.3m/s	北東	0.7m/s	南西	0.4m/s	南東

・不知火現象が見られやすい時間帯（１～３時）は
一日の中で風速が小さくなる時間帯であった。
・八朔は一年の中で一番風速が小さい時期。
・一年を通して三角は北東、松島は南西に吹く傾向があり、
八代は風向が変化しやすい場所である。
・冬は季節風の影響を受けている。
・不知火発生時は不知火海内部に向かい風が吹く（図13）。
⇒不知火海内部に集まるように吹く微風が、不知火発生の条件の１つと考えられる。

図13　不知火観測時の風向図（地理院地図に加筆）

E　八朔の特徴

（１）動機・目的
気温、表面海水温について八朔の特徴を見つける。
（２）方法
①2011～2020年の日別での気温のデータを気象庁から引用。地点は三角。
②八朔の時期は1977～1981年のデータを加えて平均し、①のデータと比較したグラフを作成し、八朔の時期の温度に関する特徴を捉える。
③表面海水温は、2020年の不知火海の領域を日ごとに目測し変化をデータ化(図14)
（３）結果・考察
①気温（図15）
八朔は最高・最低気温ともに1年で最も高い時期に近い。

図15　2011～2020年における気温と表面海水温の関係（気象庁より引用・修正）

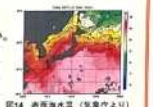
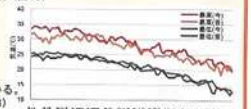


図14　表面海水温（気象庁より）

図16　2011～2020年における表面海水温と最低気温との関係（地点：三角、気象庁より引用・修正）

②表面海水温
八朔は、1年の中で表面海水温が最も高い時期。
③気温と表面海水温との関係
・変化量：気温＞表面海水温　　・ピークの時期：海水温は気温より少し遅れる。
・表面海水温＞最低気温　　・寒い時期(10月中旬～4月上旬)海水温＞気温
④八朔の時期について（図15・16）
・海水温≒最高気温・気温はピークは降、低下。・表面海水温はピークに近い。
・八朔後は差がより大きくなる。　　・海水温と最低気温の差が最大で17.7℃（1/1）
⇒　疑問：温度だけで考えると、八朔よりも冬の方が不知火は発生しやすい!?
⑤八朔頃の気温に関する昔と今の比較（図15）
昔：1977-1981年の5年間
今：2011-2020年の10年間
・最高気温：今の方が少し高い
（8月下旬～9月上旬を除く）。
・最低気温：あまり変わらない。
・気温の差：今の方が差が大きい。
← 不知火海沿岸の温暖化を示している。



⑥降水量～八朔は雨が増えた!?（表3）
・約30年間で年間降水量が約250mm増加している。
・増加した降水量のうち約3割を八朔が占めている。八朔の降水量が近年急増!!
⇒降水量増加も温暖化での水蒸気量増加が原因。4年連続観測不調の理由もこれ。
⑦冬の時期は不知火が発生しにくく、観測もしづらい。（表４～６）

表３　昔と今の降水量の比較

(地点:三角 気象庁より)	降水量(mm) 年間	八朔
昔：1975-1981年	1811	162.3
今：2011-2020年	2060	238.4
差	249	76.1

表４　昔と今での月別雨日数の変化（10年間平均、地点：熊本、気象庁）

	年	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	合計
昔：1931-1940	3.5	3.7	2.8	3.5	3.6	3.4	3.4	3.0	2.5	3.5	4.3	4.5	38.0
今：2010-2019	0.6	0.5	0.5	0.8	1.0	1.0	0.6	0.7	1.0	1.2	1.9	2.0	5.4

・冬は八朔の時期と比べて霧が出る日数が多い。昔と比べ霧は減少傾向（表４）。
⇒　疑問：現代の冬なら不知火現象を観測できる!?
・不知火発生の条件は微風だが、冬は風が強い不知火現象が発生しづらい（表２）。
・視程について調べると、１日の中では日中より夜間のほうが、また、１年の中では冬の時期が視程が悪いことが分かった（表５）。
・さらに視程は気温変化と相関があり、気温が低いと視程が悪くなる傾向がある。
よって、視程の要因として、空気中の水蒸気の凝結が考えられる。
・最近10年間での平均湿度（地点：熊本）を調べると、一日の中で夜間は湿度が高くなっていた。よって、冬の時期の夜間は、霧は少なくても霧（もや）が発生して視程を悪くしていることが考えられる。永尾は沿岸なので霧や靄が熊本よりも多くなっていると思われ、実際冬に浮島を観測した際、霧で視程が悪いときがあった（表６）。
⇒　以上の理由から、冬の寒い時期は不知火現象を観測するのに適さない。

表５　2015年～2020年の時期および月別での視程平均（地点:熊本）

時	3	6	9	12	15	18	21	24	全体平均
視程平均(km)	18.09	17.62	19.77	22.54	24.24	23.66	19.55	17.46	20.37
月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	全体平均
視程平均(km)	19.85	18.97	18.68	20.16	19.23	18.23	20.2	20.43	21.36	22.14	19.6	20.17	19.97

表６　時間別および月別での2011-2020年の平均湿度（地点：熊本、3時間ごとのデータを気象庁より引用）

時	3	6	9	12	15	18	21	24	全体
相対湿度 (%)	82.9	85.1	73.8	59.0	56.5	63.7	72.6	79.8	71.5
月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	全体
相対湿度 (%)	70.5	68.8	67.2	65.2	67.6	77.4	77.8	74.3	73.3	69.6	73.6	72.2	71.4

・ちなみに他の視程を悪くする要因は、冬は霧や靄、pm2.5、３月は黄砂（３～５月に日本に影響）、６月は梅雨前線に伴う水蒸気や水滴などと考えられる。

4　まとめ　～不知火現象は、単なる夜の浮島現象か？～

■　私たちが観測した不知火は、単なる夜の浮島ではない。
昔見られたものと比べると現象としては弱いが、紛れもない不知火現象である。
■　風との関連があり、短時間で容易に見え方が変化する。
■　不知火現象が見えづらくなっている原因の一つとして温暖化が考えられる。

5　成果および今後の展望

●　コロナ禍で観測し、近年の不知火の発生状況に関する鮮明で貴重な記録を増やした。
●　観測時期は冬とよく言われる夏季の浮島の観測。
●　不知火観測に最適な高さに関する定説を覆し、浮島現象との違いを明らかにした。
●　冬季や小潮時の不知火の観測を行う。
●　再現実験を試み、風との関連性や発生メカニズムをより明らかにしたい。

6　謝辞・主な参考文献

本校教諭の本多栄喜先生、宇城市役所や永尾神社の方、地域の皆様、学会でご助言を下さった先生方、ご協力ありがとうございました。

・文献集 不知火（不知火資料収集委員会）・不知火新考(柴地書館・立石巌)・気象庁・地理院地図　・川合秀明、北村祐二、柴田清孝（2020、下位蜃気楼の航路計算）